

Edición especial
XXII
Reunión
Latinoamericana
del MAÍZ

Artículo/Article
Sección/Section B
11 (17), 30 – 39

Desarrollo de una variedad de maíz tropical de grano blanco con calidad de proteína para consumo en fresco

Desarrollo de una variedad de maíz blanco con calidad de proteína

Daniel Francisco Alarcón Cobeña[1], Jimmy Ricardo Francisco Limongi Andrade[1*], Eddie Ely Zambrano Zambrano[1], José Bernardo Navarrete Cedeño[2]

[1] INIAP, Estación Experimental Portoviejo. Programa Nacional de Maíz. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
[2] INIAP, Estación Experimental Portoviejo. Departamento Nacional de Protección Vegetal-Entomología. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
* Autor para correspondencia / Corresponding Author, e-mail: ricardo.limongi@iniap.gob.ec

Development of a tropical white grain maize variety with high quality protein for fresh consumption

Abstract

In the irrigated lowlands valleys of the Ecuadorian coast, the production of white maize for fresh consumption during the dry season is presented as a profitable commercial and social option. The supply of seed is high, which is used for various production systems. The only variety in the country is INIAP-528 (QPM), which was released 29 years ago, with the aim to produce 40000 commercial corn cobs at 74 days after sowing, and with protein contents of 9 to 10%, with Tryptophan and lysine levels of 0.97 and 3.7%, respectively. In order to replace this old maize variety, the Maize Program of the Experimental Station Portoviejo of the National Institute for Agricultural Research (INIAP) introduced the population ACROSS-8363 (QPM) from CIMMYT in 2011. The increase in yield of Cycle 4 was 156% higher than the yield produced for Cycle 1. Diallelic crosses among ten selected families of Cycle 4 were made during the dry season of 2017. With the best ears, a seed compound will be prepared to plant them in a field for free pollination to obtain a synthetic variety. During 2019, the new variety is being evaluated in farmer's fields, comparing yield and quality with the commercial variety.

Key words: Half sibs, Fresh corn, QPM, Selection cycle.



Editado por / Edited by: Gabriela Albán

Recibido / Received: 2018/04/13

Aceptado / Accepted: 2018/11/06

Publicado en línea / Published online: 2019/05/20

Resumen

En los valles del Litoral ecuatoriano que poseen riego durante la época seca, la producción de maíces blancos para choclo son una opción comercial y socialmente rentable. La oferta de semilla es alta, la misma que es utilizada en diversos sistemas de producción. La única variedad existente en el país es la INIAP-528 (QPM), entregada a este segmento del mercado hace 29 años, con atributos de obtener 40000 choclos comerciales a partir de los 74 días y contenidos de proteína de 9 a 10%, con niveles de triptófano y lisina de 0.97 y 3.7% respectivamente, que la convierten en una variedad con calidad nutricional

y tolerante a los principales insectos plagas y enfermedades. Con el objetivo de renovar esta variedad de maíz, el Programa de Maíz de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, introdujo en el año 2011 la población original ACROSS-8363 (QPM) desarrollada por el CIMMYT. La variedad se desarrolló utilizando cuatro ciclos de selección, bajo el esquema de medios hermanos. El incremento en rendimiento del Ciclo 4 fue superior en 156% en relación al Ciclo 1. Para la época seca del 2017 se procedió a realizar los cruzamientos dialélicos en ambos sentidos, entre las diez mejores familias seleccionadas del Ciclo 4. Se evaluó las mejores mazorcas y se formó un compuesto evaluado a libre polinización y se obtuvo la F1 o variedad sintética. Actualmente, la variedad sintética es evaluada en campos de agricultores con el testigo comercial para determinar su interacción genotipo ambiente, sus componentes de rendimiento en choclo y seco. Adicionalmente se harán los análisis de proteína total y los aminoácidos Triptófano y Lisina para cada uno de los ciclos de selección.

Palabras clave: Choclo, Ciclo de selección, Medios hermanos, QPM.

INTRODUCCIÓN

La producción de maíces blancos en estado de choclo es una alternativa social y económicamente rentable para pequeños agricultores de los valles irrigables del Litoral ecuatoriano. Su siembra se da en sistemas de monocultivo o asociado con hortalizas. La mayor parte de la semilla empleada para el cultivo de esta clase de maíz proviene de los agricultores por lo que existe una demanda importante de material genético mejorado.

La única variedad existente en el país es la INIAP-528, entregada a este segmento del mercado hace 29 años, con atributos de obtener 40000 choclos comerciales a partir de los 74 días, contenidos de proteína entre 9 al 10%, con niveles de triptófano y lisina de 0.97 y 3.7% en su orden (QPM, Quality Protein Maize), tolerante a los principales insectos plagas y enfermedades [1]. Esta variedad por ser de libre polinización ha estado expuesta a un manejo inadecuado en la producción de semilla principalmente por el reciclamiento, lo que ha significado que el germoplasma pierda sus características intrínsecas de calidad de proteína [2, 3], así como sus características fenotípicas y genotípicas del material original QPM denominado ACROSS 8363.

En el segundo semestre del año 2011, se produjo la introducción y selección del germoplasma base desde el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT-México) con semilla de maíz de la población original ACROSS-8363 QPM de color blanco, que fue utilizada mediante el esquema de mejoramiento genético de medios hermanos para la obtención de la variedad sintética, de acuerdo a lo propuesto por el Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT [4]. El presente artículo describe el proceso de formación de una variedad sintética de maíz de grano blanco con calidad de proteína para consumo en fresco bajo la metodología de medios hermanos.



MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo experimental se desarrolló en el Programa de Maíz de la Estación Experimental Portoviejo del INIAP, concretamente en el lote experimental "La Teodomira" durante los años 2015 al 2017, ubicada a 76 msnm, coordenadas geográficas de 17M 0568813 y UTM 9871238 y variables climáticas correspondientes a cada época de formación de cada ciclo de selección que se presentan en la Tabla 1 [5-7].

TABLA 1. Características climáticas del lote experimental "La Teodomira" durante la realización de los cuatros ciclos de selección. INAHMI, 2015, 2016 y 2017.

Cantón	Parroquia /Sitio	Variable	Años			
			C1 2015	C2 2016a*	C3 2016b	C4 2017a
Santa Ana	Lodana/La Teodomira	Precipitación total (mm)	310	611.6	1.3	894.5
		Temperatura media °C	27.3	27.6	26.2	27.5
		Humedad relativa (%)	82.8	84.6	74.2	82.5
		Heliofanía (Horas luz)	505.0	530.6	618.0	468.1

*a = Época lluviosa; b = época seca

La siembra del material base se efectuó durante el ciclo de lluvias del 2015 en un lote de 1000 m^2 bajo condiciones de libre polinización y usando selección masal estratificada, a los 75 días con características de menor altura de planta y mazorca, floración femenina uniforme, tolerancia a las principales enfermedades foliares predominantes en la zona. Finalmente a la cosecha se procedió a otra presión de selección asociada a uniformidad y sanidad de mazorcas.

El primero (C1), segundo (C2), tercero (C3) y cuarto ciclo (C4) de selección de medios hermanos se realizaron durante la época seca del 2015, época lluviosa del 2016, época seca del 2016 y época lluviosa 2017, en su orden (Tabla 2). Posteriormente en cada ciclo de selección de medios hermanos (C1, C2, C3 y C4), las familias seleccionadas fueron sembradas bajo el sistema de mazorca por surco (familias-hembra) y un compuesto balanceado de todas las familias seleccionadas constituyó el progenitor masculino en la proporción 2:1. Al momento de la floración las hileras hembras fueron desespigadas en su totalidad y se eliminaron plantas atípicas; de igual forma se lo realizó en los surcos machos con la finalidad de eliminar plantas fuera de tipo. Durante el desarrollo del cultivo y cosecha se fueron seleccionando de manera preliminar las mejores familias, teniendo en cuenta los criterios de selección como días a floración femenina, acame de tallo y de raíz, aspecto de plantas y mazorcas, incidencia de manchas foliares como *Helminthosporium maydis, Puccinia sorghi, Curvularia lunata, Cercospora* spp. y fundamentalmente el rendimiento. Finalmente a la cosecha se procedió a otra presión de selección asociada a uniformidad y sanidad de mazorcas.

TABLA 2. Valores promedios de cuatro ciclos de selección de medios hermanos de la población de maíz blanco Across-8363 QPM durante el 2015 al 2017 para la formación de una variedad sintética. Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

Selección de Medios Hermanos	Selección Base	Ciclos de Selección							
		C1		C2		C3		C4	
		PG*	FS**	PG*	FS**	PG*	FS**	PG*	FS**
Familias seleccionadas (#)	300	88	47	184	77	154	32	92	10
Familias seleccionadas (%)			53		42		21		12
Mazorcas seleccionadas	88		184		154		92		22
Altura de planta (cm)		272	275	256	257	292	284	291	290
Altura de mazorca (cm)		152	155	142	147	164	160	162	161
Floración femenina (días)		51	51	59	59	56	56	51	51
Rendimiento (kg)		2.92	3.3	1.11	1.44	4.08	4.5	6.21	7.467

* PG = Promedio general, ** FS = Familias seleccionadas

TABLA 3. Características agronómicas y rendimiento de las 10 mejores familias de la población Across-8363 QPM. Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

Familias	Floración Femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Tizón foliar (*H. maydis*)*	Roya (*P. sorghi*)*	Mancha foliar (*Curvularia* spp)*	Rendimiento (kg/ha^{-1})
77	52	296	159	3.0	1.0	3.0	8127
53	50	280	158	3.0	1.0	3.0	7826
62	52	290	162	3.0	1.0	3.0	7472
66	51	282	161	3.0	1.0	3.0	7419
14	52	290	168	3.0	1.0	3.0	7384
63	50	298	154	3.0	1.0	3.0	7348
34	51	296	170	3.0	1.0	3.0	7295
6	51	291	155	3.0	1.0	3.0	7295
36	51	290	164	3.0	1.0	3.0	7278
71	52	286	162	3.0	1.0	3.0	7228
Promedio	51	290	161	3.0	1.0	3.0	7467

* Escala 1-5, donde 1 = ausencia de enfermedad y 5 = infección severa (CIMMYT, 1985).



Los cruzamientos dialélicos fueron realizados en la época seca del 2017 con las 10 familias seleccionadas, sembradas individualmente, realizando cruzamientos manuales y dirigidos a partir del polen de la primera familia hacia las nueve familias restantes, de la segunda familia para las ocho restantes y así sucesivamente (Tabla 3). Esta actividad fue realizada a plantas femeninas con buenas características fenotípicas y teniendo como criterio de selección las mismas variables utilizadas en los ciclos de selección. Durante la fase de cosecha se seleccionaron las mejores mazorcas de cada cruzamiento que fueron codificadas, desgranadas individualmente en forma manual, secadas al sol para reducir su humedad y almacenadas bajo condiciones de cuarto frío (10 °C). Posteriormente, de cada una de las 10 familias se obtuvo un número determinado de semillas que en mezcla formaron el compuesto balanceado.

RESULTADOS

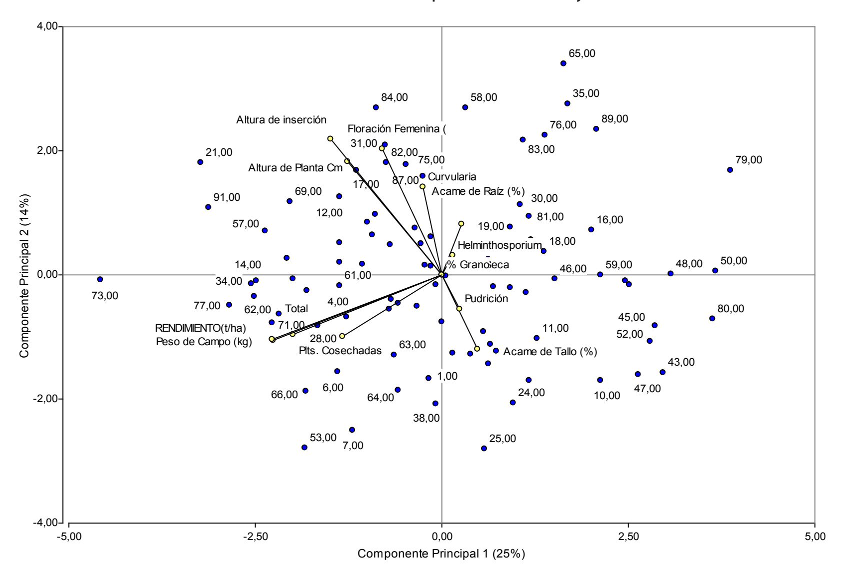
Los principales resultados de la selección base y ciclos de selección de medios hermanos se presentan en la Tabla 2. Durante la selección del germoplasma base se seleccionaron 300 plantas de las cuales durante la cosecha se realizó otra presión de selección donde se obtuvieron 88 mazorcas.

El C1 de selección de medios hermanos permitió la selección del 75% de las hileras hembra que se ajustaron a la descripción fenotípica del germoplasma y en las mismas se seleccionaron cinco plantas. A la cosecha se realizó otra presión de selección del 53% y se seleccionaron 57 familias de las cuales se generaron 184 mazorcas.

En el C2 de selección de medios hermanos se realizó una presión de selección del 50% donde se seleccionaron 92 familias con cinco plantas por familia y posteriormente a la cosecha se volvió a realizar otra presión de selección del 42%, donde se seleccionaron 77 familias que generaron 154 mazorcas con un promedio de dos mazorcas por familia. Los promedios de la floración femenina, altura de planta, altura de inserción de mazorca y rendimiento fueron: 59 días, 257 cm, 147 cm y 1.44 kg por familia.

En el C3 durante su fase vegetativa y reproductiva se seleccionaron 60 familias (presión de selección del 39%) con cinco plantas por familia y durante la cosecha se escogieron 32 familias (21%) de las cuales resultaron 92 mazorcas. Los promedios de la floración femenina, altura de planta, altura de inserción de mazorca y rendimiento fueron: 56 días, 284 cm, 160 cm y 4.50 kg por familia.

FIGURA 1. Evaluación de 92 Familias del cuarto ciclo de selección de medios hermanos de la Población ACROSS-8363. Estación Experimental Portoviejo del INIAP, 2017.



Al cuarto ciclo de selección (C4) se realizó una presión de selección del 56% dando lugar a 46 familias y posteriormente se seleccionaron las 10 mejores familias (12% de selección) con 22 mazorcas representativas. En promedio la floración femenina fue de 51 días, altura de planta 290 cm, altura de inserción de mazorca 161 cm, rendimiento de 7467 kg (Tabla 3) y manchas foliares por *Helminthosporium maydis* en escala 3, categorizada como infección moderada; *Puccinia sorghi,* en escala 1, categorizada como infección débil y *Curvularia lunata* en escala 3, categorizada como infección moderada [8].

El análisis de componentes principales presentó un 39% de la variabilidad total (Figura 1). Las familias 73, 77, 62, 71, 66, 6, fueron las de mayor rendimiento de grano y poca incidencia de enfermedades foliares. Las familias 25, 24 y 10 fueron las de mayores acame de tallo.

Los cruzamientos dialélicos dieron lugar a 45 cruzamientos y 45 recíprocos y 157 mazorcas cosechadas (Figura 2), que permitió sembrar el compuesto balanceado durante el invierno del 2018 bajo condiciones de libre polinización y obtener la variedad sintética, que actualmente se encuentra en evaluaciones a nivel de fincas de productores con el objeto de determinar su potencial productivo y su interacción genotipo ambiente.

Artículo/Article
Sección/Section B
11 (17), 30 – 39



FIGURA 2. Cruzamientos dialélicos, recíprocos y mazorcas seleccionadas para la formación de una variedad sintética de maíz de grano blanco. Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

♀	Cruzamientos dialelicos																										
1	♂	a	b																								
2	×1	3	1																								
3	×1	3	1	×2	3	2																					
4	×1	3	2	×2	3	2	×3	3	2																		
5	×1	3	3	×2	3	2	×3	3	2	×4	3	3															
6	×1	3	1	×2	3	3	×3	3	3	×4	3	3	×5	3	2												
7	×1	3	1	×2	3	1	×3	3	3	×4	3	3	×5	3	2	×6	3	3									
8	×1	3	3	×2	3	2	×3	3	3	×4	3	2	×5	3	3	×6	3	2	×7	3	3						
9	×1	3	2	×2	3	2	×3	3	3	×4	3	3	×5	3	2	×6	3	3	×7	3	2	×8	3	2			
10	×1	3	3	×2	3	3	×3	3	2	×4	3	3	×5	3	3	×6	3	3	×7	3	3	×8	3	3	×9	3	3
♀	Recíprocos																										
10	♂	a	b																								
9	×10	1	1																								
8	×10	1	1	×9	1	1																					
7	×10	1	1	×9	1	1	×8	1	1																		
6	×10	2	2	×9	1	1	×8	1	1	×7	2	1															
5	×10	2	1	×9	1	1	×8	1	1	×7	2	1	×6	1	1												
4	×10	1	1	×9	1	1	×8	1	1	×7	1	1	×6	1	1	×5	1	1									
3	×10	1	1	×9	1	0	×8	1	0	×7	1	1	×6	2	1	×5	1	0	×4	2	1						
2	×10	1	1	×9	1	1	×8	1	1	×7	2	2	×6	1	1	×5	1	1	×4	2	2	×3	2	1			
1	×10	2	2	×9	2	2	×8	2	1	×7	2	2	×6	2	2	×5	2	1	×4	1	1	×3	1	1	×2	2	1

a= Cruzamientos

b= Mazorcas seleccionadas

La mayor cantidad de proteína se encuentra en el endospermo del maíz y generalmente es deficiente en lisina y triptófano. Los maíces portadores del gen opaco-2 son de alto valor nutritivo, promueven una disminución de la zeína y aumento de la glutelina y son de alta calidad de proteína (QPM) al duplicar las cantidades de lisina y triptófano [9]. La Tabla 4, presenta la evolución y reducción del contenido de proteína y de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano en la variedad de maíz blanco INIAP-528.

TABLA 4. Evolución del contenido de proteína de la variedad INIAP-528 a partir del año de su liberación comercial. Estación Experimental Portoviejo del INIAP.

Proteína o Aminoácidos	AÑOS				
	1988	1989	2000	2002	2011
Proteína (%)	9.50	7.6 (10.3)*	6.17	7.12	9.79
Lisina (%)	3.97	3.5 (3.4)*	0.14	0.23	0.49
Triptófano (%)	0.97	0.88 (0.78)*	0.03	0.06	0.11
Muestra	INIAP-528	INIAP-528	INIAP-528	INIAP-528	ACROSS-8363
Fuente	Alarcón, 2017 [10]	CIMMYT, 1889 [11]	INIAP, 2000 [2]	CIMMYT. 2002 [3]	INIAP, 2011 [12]

* Valores en paréntesis corresponden a muestra en fresco.

DISCUSIÓN

La selección recurrente entre familias de medios hermanos se basa en la selección de plantas o surcos que tienen un padre en común, e incluyen evaluaciones de progenies que dependen del probador utilizado [13]. La altura de planta y de inserción de mazorca presentó incrementos del 7% y 6%, en su orden, cuando comparamos el primer y último ciclo de selección; cada ciclo presentó incrementos no significativos (1% a 4%) y en los ciclos finales se presentan reducciones en ambas variables (-1% a -3%). Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Gamarra y Sevilla (2004) quienes evaluaron la ganancia genética por selección mazorca-hileras, observando que la altura de planta presentó reducciones del 1.09 al 2.4% por ciclo para el compuesto choclero y otros materiales en estudios. De igual forma, la altura de mazorca las reducciones fueron en orden del 2.62 al 4.21% [14]. La floración femenina fue evaluada en este proceso, no encontrándose diferencias en el C1 y C4; sin embargo, los C2 y C3 se incrementaron entre el 16% y 10%.

Los resultados presentados por *H. maydis*, *P. sorghi* y *C. lunata* en el desarrollo de la presente investigación en esta zona de estudio son similares a los reportados por Zambrano y colaboradores en el desarrollo del híbrido de maíz duro INIAP H-603 [15], lo cual nos permite deducir que el grado de infección y severidad de estas enfermedades se mantiene constante.

Los incrementos del rendimiento del 13% en el primer ciclo de selección a los 20% alcanzados en el cuarto ciclo de selección nos permiten determinar la eficiencia del método establecido. Sus incrementos de los primeros ciclos de selección de esta investigación (13% y 10%) son similares a los encontrados por Webel y Lonquist (1967), quienes evaluaron la efectividad de la selección mazorca-hilera modificada en la variedad Hays Golden del cinturón maicero de los Estados Unidos, concluyendo que este método puede usarse para obtener rápidos incrementos en la frecuencia de genes de importancia antes de la generación de líneas de mejoramiento, con esta técnica lograron incrementar en 9.44% el rendimiento en cada ciclo de selección [16].

La respuesta de dos ciclos de selección masal estratificada (SMVE) y dos ciclos de selección de familias de medios hermanos (SFMH) en la Población F2 de la cruza de Zacatecas 58 Sm20 y Tuxpeño Crema 1 SM12 con poblaciones de 62625 y 83375 plantas ha^{-1} fue estudiada por García *et al.,* 2002, quienes concluyeron que la respuesta genética promedio del rendimiento por ciclo de selección fue de 5.7% para SMVE y 10% para SFMH, para densidades la SMVE no muestra respuesta genética, pero en la SFMH la respuesta fue de 13.4 % en densidad baja y 7.1% para densidad alta [9].

El número de familias probadas varió de 300 a 92 y las familias seleccionadas fueron de 184 a 12 del C1 al C4 en su orden, con una presión de selección de la selección base del 53% al 12% realizado en el C4. En la sierra del Perú durante ocho ciclos de selección se desarrolló la variedad PMC-561 usando el método de selección mazorca-hilera modificado. Las poblaciones seleccionadas se evaluaron en siete experimentos. El número de familias probadas y seleccionadas varió de 137 a 140 y de 20 a 80 respectivamente, la presión de selección interfamiliar varió de 12.1 a 49.6%, siendo en promedio un 26.8%, la ganancia genética en rendimiento calculada por ciclo con datos de experimentos sembrados en diciembre fue de 11.24% por ciclo [17].



AGRADECIMIENTOS

Al Centro Internacional de Mejoramiento para el Maíz y el Trigo (CIMMYT) por el apoyo constante con asesoría y germoplasma, en especial a Luis Narro y Félix San Vicente. Al Comité Organizador y Científico de la XXII Reunión Latinoamericana de Maíz donde se presentó un resumen y un poster del presente trabajo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Daniel Alarcón diseñó la investigación. Daniel Alarcón, Ricardo Limongi y Eddie Zambrano desarrollaron la metodología y el trabajo de campo. Ricardo Limongi, Daniel Alarcón y Bernardo Navarrete redactaron el manuscrito. Todos los autores contribuyeron en los análisis y revisiones del artículo.

REFERENCIAS

[1] Alarcón, D. (2014). *INIAP-528 Variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína para consumo en choclo*. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Tercera impresión. Plegable divulgativo 102. Portoviejo, Manabí, Ecuador.

[2] INIAP. (2000). *Informe de Laboratorio*. Estación Experimental Santa Catalina. Laboratorio de Nutrición y Calidad. Quito, Ecuador. 1p.

[3] CIMMYT. (2002). *Informe de Laboratorio*. Laboratorio de Suelos y Nutrición Vegetal. El Batán, México, D.F. 1p.

[4] CIMMYT. (1985). *Desarrollo, mantenimiento y Multiplicación de semilla de Variedades de maíz de Polinización Libre*. 11 p.

[5] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA, INAMHI. (2015). *Informe Meteorológico. Registros mensuales en archivos electrónicos del sitio Lodana. Santa Ana, Manabí.*

[6] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA, INAMHI. (2016). *Informe Meteorológico. Registros mensuales en archivos electrónicos del sitio Lodana. Santa Ana, Manabí.*

[7] INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA, INAMHI. (2017). *Informe Meteorológico. Registros mensuales en archivos electrónicos del sitio Lodana. Santa Ana, Manabí.*

[8] CIMMYT.1985. *Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT*. El Batán, México, D.F.

[9] García. Z. J., López R. J., Molina G. J., & Cervantes. S. t., (2002). Selección masal Visual Estratificada y de Familias de medios hermanos en una cruza intervarietal F2 de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 25 (4) pp. 387-391. ISSN: 0187-7380. Disponible en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61025408

[10] Alarcón, D. 2017. INIAP-528 *Variedad de maíz blanco con alta calidad de proteína para consumo en choclo*. INIAP. Estación Experimental Portoviejo. Programa de maíz. Plegable 102, cuarta reimpresión. Portoviejo, Ecuador.

[11] CIMMYT - CIAT. 1989. *Informe de Laboratorio.* Nutrition Quality Laboratory. Palmira, Colombia. 1p.

[12] INIAP. 2011. *Informe de Laboratorio.* Estación Experimental Santa Catalina. Laboratorio de Nutrición y Calidad. Quito, Ecuador. 1p.

[13] Chávez, J. (1995). *Mejoramiento de plantas 2: métodos específicos de plantas alógamas*. Editorial Trillas. México. UAAAN. 143 p. ISBN 968-24-5181-7

[14] Gamarra, S., & Sevilla, R. (2004). *Ganancia genética por selección mazorca –hilera modificada en tres poblaciones de maíz amiláceo*. Memorias de la XX reunión Latinoamericana de maíz. Lima, Perú. pp 276-285

[15] Zambrano, E., Limongi, R., Alarcón, D., Villavicencio, P., Caicedo, M., Eguez, J., Zambrano, J. 2017. Interacción genotipo ambiente de híbrido de maíz bajo temporal en Manabí y Los Ríos, Ecuador. *ESPAM Ciencia* 8(1): 7-14.

[16] Webel, O., & Lonquist, J. (1967). An evaluatión of modified ear to row selection in a population of corn (*Zea mays L)*. *Crop. Sci.* 7:651-655.

[17] Sevilla. R. (1975). Selección mazorca-hilera modificada en una variedad de maíz de la sierra peruana. *Inf. del Maíz N. Extraordinario de Inv.* Vol. 1: 22-26.